采用地面微波传输的共源调制调频同步广播

摘　要：调频同步广播是节省频率资源，扩大覆盖范围的有效手段，文章结合广东电台交通之声调频同步广播传输发射系统的设计和建设，介绍使用地面微波传输节目源信号的共源调制调频同步发射网的技术原理、特点及工程实施。

关键词：调频同步广播；地面微波；共源调制
中图分类号：G229.27　　文献标识码：A
文章编号：1671-0134（2017）05-124-02　　DOI：10.19483/j.cnki.11-4653/n.2017.05.046

■文 / 严锦华

广东广播电视台交通之声（羊城交通广播电台）1995 年经原国家广电部科技司批准，在广州地区利用小功率调频广播发射机进行调频同步广播试验，是全国第一个进行立体声同步广播试验的电台。试验采用地面微波传输节目源信号的共源调制方式实现“三同一保”，借鉴一些发达国家的同步广播的经验，不断加深对调频同步技术的认识，同步技术的一些问题和矛盾得到了不同程度的解决，为我国调频同步广播技术标准制定和行业推广提供了宝贵经验和有益借鉴。经过数年的探索和完善，完成系统设备国产化研制生产后，2008 年交通之声的调频同步广播系统通过了国家广电总局的技术验收，进入新的稳定运行时期，至今为广大人民群众提供优质的声音广播服务。

1. 技术规范

本项目引用《调频同步广播系统技术规范》GY/T154–2000，系统的基本技术要求：“三同一保”

1、同频：相对频差≤ 1×10^{-9}。

2、同相：相对时间延差≤ 10μs（单声），5μs（立体声）。

3、同调制度：调制度差≤ 3%。

4、保证相干区内的最低可用场强满足 ITU 的规定。

2. 系统技术原理

2.1 信号的传输

信号的传输采用地面微波传输方式，中心站点在广东电视台顶层，以“中心开花”形式发往各同步站。微波传输采用模拟调频方式。

2.2 同频

在微波中心站设置了高精度时基作为标准频率源，标准频率源输出的 10MHz 标频锁定立体声复合信号中的 19KHz 导频信号，使其稳定度优于 5×10^{-9}/24 小时，作为整个系统的时基。在微波中心站，立体声复合信号中被调制成微波信号送往各同步站。

系统采用的同步激励器由微波接收和同步激励两部分组成。在各同步站，同步激励器接收到微波信号将其转换成 IF 中频信号，取出 19KHz 导频信号作为时基，通过跟踪能力很强的锁相电路，锁定本机的载波频率。同步激励器并不是简单的将微波信号进行频谱搬迁，而是用精密锁相技术“再生”一个调频信号，这个信号受两方面控制：一方面跟踪输入微波信号频率的瞬时变化，将整个动态频谱精确“复制”在调频频段；另一方面该信号中心频率由微波通道送来的高稳定度的 19KHz 导频信号精确锁定。

FM 调频信号的频率精度只与 19KHz 时基有关，与微波信号（包括中继转发）的频率精度没有直接关系， 19KHz 时基在传输中无论是微波中心站的调制、中继站的转发还是同步站的接收解调，均不影响其频率精度。由于系统只须在微波中心站设置一个标准频率源即可通过微波信号将系统时基送到各同步站，标准频率源的等级可以提得很高，因此本系统采用了铷原子钟振荡器将系统时基稳定度提高，保证了各发射机之间的载频差远优于标准规定的 1×10^{-9}。

2.3 同相

本系统中采用地面微波传送音源信号，两个或多个 FM 已调波调制信号相位差表现为两部分：一部分是由于微波信号传输路径不同，造成到达各同步站的微波信号存在时延差；另一部分是由于各同步站发射条件和发射功率不同，造成相干区位置不在同步站间直线距离的中点，则两个 FM 已调波信号到达相干区存在时延差。这两部分时延差都必须予以补偿。本系统在各同步站设置 RF 数字延时器，用于调整各同步激励器的延时时间，使系统在相干区内的时延差≤ 5uS。

2.4 同调制度

本系统最突出的优点在于能保证系统内各同步发射机的调制度保持绝对的一致。在微波中心站，微波发射机将 MPX 立体声复合信号调制在微波上，发往各同步站。在各同步站，同步激励器将接收下来的信号转成中频 IF，通过精密锁相电路将整个动态频谱“复制”到 FM 频段，经放大后输出。在这个过程中不经过解调和重新调制的过程，在整个系统中，音频信号只在微波发射机中调制一次，这就保证了系统调制度是 100% 一致的，避免调制度偏差带来得系统指标劣化。

2.5 最低场强的保证

通过实际场强的测量，对各发射机的功率和发射天线位

置、天线场形进行调整来实现。

3. 系统的特点

本系统使用的同步技术、电路设计和配套产品最初来源于美国硅谷，90年代初在NAB上展出并获奖，我们消化吸收了原设计的精华部分，改进了原设计中时间基准精度不够的缺陷，结合国内的实际情况配套了中继设备、各类天线等系统产品，逐步将同步系统完善并将覆盖区扩展到番禺、花都区。该系统有几个特点：

系统设计思路清晰，技术成熟，系统配套完整。在系统组成的每个环节都充分考虑了同步系统的特性和要求，采用的技术方式成熟可靠，这是试验在开始阶段就能取得较好效果的原因。

调制度的一致性和原子钟的应用。和其他同步系统比较，该系统一个突出特点是同源调制方式保证各个发射站调制度完全一致。另外采用了高稳定度、高精度、寿命长、免维护的铷钟作为时基信号同步整个系统，将系统的同频指标提高到10^{-11}水平级，不仅远优于国标要求，稳定可靠，而且在电台控制范围内，避免受到GPS由于某个军事项目停止使用或在卫星信号传输过程中由于各种偶然因素缺失信号所造成的影响。

在长距离中功率同步覆盖中的应用。

在完成中心市区的覆盖后，电台的目标是进行包括黄埔区在内大广州的覆盖。广州到黄埔区的同步网采用的是“放射线”型覆盖，虽然站间的距离加大了，理论上相干区的范围增加了，但相干区的情况比市区简单得多，系统参数调整较简单。该套同步技术在精密“三同”方面的优势在中长距离覆盖上得到更充分的发挥，取得较好的覆盖效果。

4. 工程实施和系统调整测试

4.1 站点的选择

考虑到系统运营成本和人口分布情况，根据广州地区“东西长，南北短”的地形特征，我们按照一般的单声道相距18KM，立体声相距9KM的选择发射点的原则进行，在东西方向上设置两个发射站，另外在老城区内选取一个发射站补点，来实现既解决中心地区的覆盖，同时兼顾广州东部新发展地区的覆盖。

4.2 系统调整

各同步站延时时间的调整。通过调整设在各同步站的数字延时器，保证干扰区信号的相位同步。本系统采用微波传送节目源信号，延时差主要是由于路径不同造成的，空间射频传输速度确定，因此在理论上的延时时间值计算较简单，再根据实际情况在小范围内调整。

天馈系统调整。通过对调频天线朝向的调整和振子间相位的调整，以及采用弱定向天线等方法来实现信号在有效覆盖区内最低可用场强的要求。根据各站与市中心的距离，调整发射机播出功率和天线方向就可以满足要求。

4.3 系统测试

（1）系统时基测试。本系统时基为19KHz，在用铷原子钟锁定后，三天共取样30点，均值为19000.00000091Hz，最大飘移0.00000039Hz，日稳定度优于2.05×10^{-11}/日。

（2）频率测试。设定参考基准站后对各发射站频率进行测试，最大相对频差1.81×10^{-10}。

（3）调制度差。分别对不同频偏和音频频率进行调制度测试，最大调制度偏差0.2%（包含设备及测量仪器测量误差）。

（4）场强覆盖测试。整体覆盖试验效果基本达到中心市区内90%的室外地方立体声调频广播服务场强中值达到大城市标准的66dB，卫星城镇达到56dB，农村地区达到46dB。市属的越秀、海珠、荔湾、黄埔、白云等市区内相干区不明显而且不大，由于白云山脉的阻隔，市属的从化、增城等市区和城镇地区的FM信号未能达到最低场强的要求。

（5）主观收听评价在场强较强的区域内（如场强>66dB），用普通收音机可稳定接收，声音清晰、无杂音、无跳台的咔嚓声。在覆盖范围85%以上的地区内主观收听评价优于或达到四级。

5. 结论

交通之声使用调频同步发射系统组网对广州市城区、郊区进行覆盖，达到电台对于市区、城镇和农村的场强覆盖要求，相干区的收听效果比强场强区有所劣化，但范围不大而且在相干区内指标的劣化在绝大部分听众可以接受的范围内，总体上基本满足电台和听众的收听要求。

调频同步广播系统的最大优点是节约频率资源，便于进行补点覆盖和扩大覆盖范围。交通台调频同步广播系统经过二十年运行，充分发挥出这一技术优势，年年位于广东电台收听率和创收的前三位内，取得了良好的经济效益和社会效益。

同步发射点具有布点较多、位置分散的特点，因此建设远程监控系统尤其重要。考虑到各同步发射点实际情况的不同，要求远程监控系统能够支持多种数据传输链路。媒

参考文献

[1] 冯锡增．调频同步广播[J]. 广播与电视技术，1998（07）：93-96.

[2] 冯锡增．对调频同步广播的一些思考[J]. 广播与电视技术，2001（11）：117-119.

[3] 郑朝晖．调频同步广播系统远程管理方案初探[J]. 广播与电视技术，2006（12）：40-42.

[4] 邹峰，李康，李为丰．对调频（FM）同步广播标准的理解[J]. 广播与电视技术，2001（09）：68-69，72-73.

[5] 姚育翠，吕希才，王新田，李占邦．用共源调制法实现调频精密同步广播[J]. 广播与电视技术，2004（03）：119-121.

（**作者单位：**广东广播电视台广播电视发展中心）